UNIVERSITE MOHAMMED V
FACULTE DES SCIENCES - RABAT

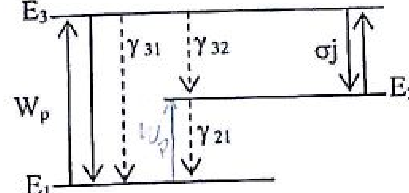
Année universitaire 2016/2017

EXAMEN Module
Interaction rayonnement matière

- *Il sera tenu compte de la présentation et de la clarté de la rédaction.*
- *Dans les résultats numériques, l'absence d'unité sera pénalisée.*
- *Le cours et les notes personnelles sont autorisés.*

Exercice 1 : Laser à trois niveaux

Le schéma des niveaux d'énergie et des transitions d'un laser à trois niveaux est représenté sur la figure ci-dessous.



Un pompage optique sélectif, dont le taux est noté W_p, permet le peuplement du niveau E_3 à partir du niveau E_1. La transition laser de taux **σj** s'effectue entre les niveaux E_3 et E_2. Les transitions stimulées et d'absorption sont représentées par des flèches continues alors que les transitions de relaxation entre les trois niveaux (γ_{21}, γ_{31}, γ_{32}) correspondent aux flèches discontinues.

1/ Exprimer l'évolution des populations N_1, N_2 et N_3 des trois niveaux.

2/ A l'état stationnaire, monter que la différence de population $D = N_3 - N_2$ est donnée par :

$$D = N_3 \frac{(\gamma_{21} - \gamma_{32})}{(\gamma_{21} + \sigma\, j)}$$

3/ Etablir l'expression de la différence de populations entre les deux niveaux de la transition laser **D** en fonction N_T, W_p, γ_{21}, γ_{31}, γ_{32} et **σj**. N_T étant le nombre total des particules du milieu amplificateur ($N_T = N_1 + N_2 + N_3$).

4/ En déduire la condition de l'inversion de population. Interpréter le résultat ainsi obtenu.

5/ Au seuil de l'oscillation laser, le paramètre de pompage seuil est W_{ps}. Quelle est alors l'inversion de population seuil D_s.

Exercice 2 : Modes longitudinaux d'un laser He-Ne

Le gain d'amplification d'un laser He-Ne émettant un rayonnement à **633 nm** s'étale sur une bande spectrale de **1,275 GHz**. La longueur de la cavité est de **30 cm**. Par souci de simplification, on supposera que la forme de la courbe de gain est rectangulaire. Evaluer le nombre de modes de ce laser.

Rappel : La vitesse de la lumière c est égale à 3.10^8 m/s.

$\nu = n \frac{c}{2L}$

Exercice 3 : Triplage de fréquence dans un gaz

Pour produire une radiation ultraviolette accordable à partir de lasers à colorant fonctionnant dans le visible, on peut utiliser le mélange à quatre ondes dans un milieu non linéaire gazeux. Trois faisceaux incidents de pulsations ω_1, ω_2 et ω_3 sont envoyés colinéairement dans le milieu pour produire un faisceau cohérent de pulsation $\omega_4 = \omega_1+\omega_2+\omega_3$.

1/ Quelle est la susceptibilité intervenant dans ce processus ? Donner l'expression du terme de polarisation non linéaire correspondant. Écrire la condition d'accord de phase entermes d'indices.

2/ Mêmes questions dans le cas particulier du triplage de fréquence du fondamental de pulsation ω. Dans la suite, on étudie ce cas particulier.

3/ On suppose que le taux de conversion $\omega \to 3\omega$ est très faible et que l'absorption α_1 du faisceau incident dans le gaz est négligeable.

Sachant que : $\frac{dE_3}{dz} = -\frac{\alpha_3}{2}E_3 - i\frac{3\omega\chi^{(3)}}{2n_3c}E_1^3\exp(i\Delta k.z)$

Où α_3 est le coefficient d'absorption du gaz du troisième harmonique.

Calculer l'intensité $I_3 = \frac{1}{2}\varepsilon_o c n_3 |E_3(L)|^2$ de l'onde de pulsation 3ω à la sortie du milieu de longueur L. Comment variet- elle avec l'intensité I_1 de l'onde incidente ?

Pour intégrer l'équation précédente, on pose: $E_3(z) = F(z)\exp\left(-\frac{\alpha_3}{2}z\right)$.

Exercice 4 : Oscillateur paramétrique avec KDP

1/ Ecrire la condition d'accord de phase pour un oscillateur paramétrique en KDP qui est constitué d'un cristal uniaxe avec des indices de réfraction différents, n_e sur l'axe extraordinaire, n_o sur les axes perpendiculaires (axes ordinaires). Pour chaque fréquence on s'intéresse au cas où $n_e < n_o$.

2/ A quelle direction doit correspondre l'onde de pompe afin de pouvoir satisfaire la condition de phase ?